母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质、1~21 日龄子代肉鸡生长性能和血清生化指标的影响

刘培峰[1,2] 闫俊书[1*] 宦海琳[1] 周维仁[1] 徐良梅[2] 徐小明[1] 施振旦[1]

（1.江苏省农业科学院畜牧研究所，动物品种改良与繁育重点实验室，南京 210014；2.东北农业大学动物科学技术学院，哈尔滨 150030）

摘 要：本试验旨在研究母鸡饲粮中添加不同水平肌苷酸（IMP）对种蛋品质、1~21 日龄子代肉鸡生长性能和血清生化指标的影响。选取 20 周龄健康爱拔益加（Arbor Acres）肉鸡 480 只，随机分为对照组（基础饲粮）、Ⅰ组（基础饲粮+0.2%肌苷酸）、Ⅱ组（基础饲粮+0.5%肌苷酸）和Ⅲ组（基础饲粮+1.0%肌苷酸）。出壳后的子代肉鸡随机选取 480 只，根据其母鸡饲粮中肌苷酸添加情况相应分为对照组、Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组，每组 6 个重复，每个重复 20 只鸡。试验期 21 d。结果表明：与对照组相比，各试验组 32 周龄末母鸡的种蛋品质指标、1～21 日龄子代肉鸡的生长性能指标和血清蛋白质代谢及酶活性相关指标均无显著差异($P>0.05$)。与对照组相比，Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清高密度脂蛋白胆固醇（HLD-C）含量显著升高（$P<0.05$），各试验组的血清总胆固醇(T-CHO)、甘油三酯(TG)和低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）含量无显著差异（$P>0.05$）。与对照组相比，Ⅱ组和Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清三碘甲状腺原氨酸（T_3）含量显著升高（$P<0.05$），Ⅱ组的血清甲状腺素（T_4）和胰岛素样生长因子-1（IGF-1）含量显著升高（$P<0.05$），各试验组的血清生长激素（GH）含量无显著差异（$P>0.05$）。与对照组相比，Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清免疫球蛋白 M(IgM)、白细胞介素 2（IL-2）和白细胞介素 6（IL-6）含量有上升趋势（$P>0.05$）。以上结果表明，母鸡饲粮添加肌苷酸增强了子代肉鸡体内的脂质代谢，提高了子代肉鸡血清生长与免疫相关激素水平和免疫因子含量；综合种蛋品质、生长性能及血清生化指标，母鸡饲粮添加 0.5%~1.0%肌苷酸效果最佳。

关键词：肌苷酸；母体效应；生长性能；种蛋品质；血清生化指标

收稿日期：2016-11-13

基金项目：国家自然科学基金（31302006）；江苏省农业科技自主创新资金[CX（14）5034]

作者简介：刘培峰（1989—），男，黑龙江齐齐哈尔人，硕士，从事动物营养与饲料研究工作。E-mail: 328710859@qq.com

*通信作者：闫俊书，副研究员，E-mail: junshu_2000@163.com

母体效应主要是指畜禽母体营养水平对后代营养代谢的调控。对于家禽而言，在生命的初期，生长和发育完全依赖于蛋中营养物质[1]。而母体营养水平能够调控蛋中营养物质的含量，从而影响子代生长调节因子在血液和组织中的含量，最终影响后代家禽对营养物质的利用率[2]，对后代的生长发育产生长远的影响。因此，通过调控母体外源添加剂水平而提高子代生长性能被认为是一条安全有效的途径。肌苷酸（inosine monophosphate acid，IMP）属于核苷酸的一种，广泛参与细胞构成、供能和代谢等生命过程，其增加鲜味的能力比谷氨酸钠强 40 倍，国际上把肌苷酸的含量作为衡量肉质鲜味的一项重要指标[3-4]。肌苷酸作为鲜味剂已经被广泛应用，但目前关于肌苷酸作为饲料添加剂方面的研究还比较少。Zhang 等[5]研究表明，饲粮中添加外源肌苷酸可提高肉鸡生长性能，增加内源肌苷酸沉积量，改善鸡肉品质；Wang 等[6]研究表明，饲粮中添加单核苷酸可提高肉鸡肌肉肌苷酸含量，改善鸡肉品质。本试验团队前期研究发现，饲粮中添加肌苷酸对肉鸡的生长性能、蛋白质及脂质代谢水平以及相关酶活性等都有显著影响[7-8]。然而，关于母鸡饲粮中外源肌苷酸添加水平对子代肉鸡影响的研究尚未见报道。鉴此，本试验旨在研究母鸡饲粮中添加不同水平肌苷酸对种蛋品质、子代肉鸡生长性能和血清生化指标的影响，同时为更深入地探究母体营养与子代之间的母体效应提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5′-肌苷酸二钠，纯度为97.0%以上，由希杰生物科技有限公司购得。

1.2 试验动物及试验设计

选取20周龄健康爱拔益加（Arbor Acres）肉鸡480只，随机分为对照组（基础饲粮）、Ⅰ组（基础饲粮+0.2%肌苷酸）、Ⅱ组（基础饲粮+0.5%肌苷酸）和Ⅲ组（基础饲粮+1.0%肌苷酸），母鸡产蛋率达到50%时人工受精，母鸡产蛋率达到80%时（32周龄）收集2 000枚种蛋，入孵，将出壳后的子代肉鸡随机选取480只，根据其母鸡饲粮中肌苷酸添加情况相应分为对照组、Ⅰ组、Ⅱ组和Ⅲ组，每组6个重复，每个重复20只鸡，试验期21 d。基础饲粮为玉米–豆粕型饲粮，其组成及营养水平见表1。

表1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	母鸡饲粮 Hens diet	子代肉鸡饲粮 Offspring broilers diet
原料 Ingredients		
玉米 Corn	60.00	57.37
豆粕 Soybean meal	17.00	21.80
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	2.50	5.00
膨化大豆 Expanded soybean	3.00	10.50
次粉 Wheat middling	3.58	
油脂 Oil	0.50	
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.12	0.13
粗石粉 Crude limestone	2.40	
石粉 Limestone	7.00	
沸石粉 Zeolite powder	1.50	
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.00	
食盐 NaCl	0.22	
碳酸氢钠 $NaHCO_3$	0.16	
预混料 Premix	1.02[1)]	5.20[2)]
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.30	13.73
粗蛋白质 CP	16.20	20.69
赖氨酸 Lys	0.83	0.95
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.67	0.79
钙 Ca	3.99	0.92
有效磷 AP	0.62	0.42

[1)] 预混料为每千克母鸡饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet of hens：VA 8 000 IU，VB_1 3 mg，VB_2 10.2 mg，VB_6 5.4 mg，VB_{12} 0.024 mg，VD_3 3 600 IU，

VE 21 IU，VK_3 4.2 mg，生物素 biotin 0.15 mg，叶酸 folic acid 0.9 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 15 mg，烟酸 nicotinic acid 45 mg，Cu (as copper sulfate) 6.8 mg，Fe (as ferrous sulfate) 66 mg，Mn (as manganese sulfate) 80 mg，Zn (as zinc sulfate) 83 mg，I (as potassium iodide) 0.60 mg，Se (as sodium selenite) 0.30 mg。

2) 预混料为每千克子代肉鸡饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet of offspring broilers：VD_3 1 000 IU，VA 4 500 IU，VE 30 IU，VK_3 1.3 mg，VB_1 2.2 mg，VB_2 10 mg，VB_{12} 1.013 mg，VB_6 4mg，泛酸钙 calcium pantothenate 7.5 mg，烟酸 nicotinic acid 20 mg，叶酸 folic acid 0.5 mg，生物素 biotin 0.04 mg，Cu (as copper sulfate) 7.5 mg，Fe (as ferrous sulfate) 60 mg，Zn (as zinc sulfate) 65 mg，Mn (as manganese sulfate) 110 mg，I (as potassium iodide) 1.1 mg，Se (as sodium selenite) 0.15 mg。

3) 营养水平为计算值。The nutrient levels were calculated values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 种蛋品质

于母鸡 32 周龄末，每重复随机抽取 10 枚种蛋用于测定种蛋品质指标。蛋壳强度、蛋壳厚度、蛋白高度、哈夫单位、蛋黄颜色采用以色列 ORKA 公司生产的系列蛋品质测定仪测定。蛋形指数采用日本富士坪公司生产的蛋形指数测定仪测定。

1.3.2 生长性能

称取子代肉鸡 1 日龄体重，于 21 日龄以重复为单位空腹称重。准确记录采食量和剩料量，计算各组平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.3.3 血清生化指标

于子代肉鸡21日龄时，每个重复随机抽取2只健康鸡，颈静脉采血，分离血清。采用FULLY（意大利）自动生化分析仪测定血清中总蛋白(TP)、白蛋白(ALB)、总胆固醇(T-CHO)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇（HLD-C）、低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）含量及碱性磷酸酶（ALP）和谷草转氨酶(AST)活性，测定所用试剂盒均购自中生北控生物科技股份有限公司；采用酶联免疫吸附法(ELISA)测定血清中免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白G(IgG)、免疫球蛋白M(IgM)、白细胞介素2（IL-2）、白细胞介素6（IL-6）、白细胞介素12（IL-12）、三碘甲状腺原氨酸（T_3）、甲状腺素（T_4）、生长激素（GH）和胰岛素样生长因子-1（IGF-1）

含量，测定所用试剂盒均购自美国Bethyl公司。

1.4 数据统计

用SPSS 20.0软件对数据进行单因素方差分析（one-way ANOVA），结果以“平均值±标准误”表示，各组间的平均值采用Duncan氏法进行多重比较，以P<0.05作为差异显著的判断标准。

2 结果与分析

2.1 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡生长性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，各试验组 1～21 日龄子代肉鸡的平均日增重、平均日采食量及料重比均无显著差异(P>0.05)。

表 2 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on growth performance of off-spring broilers

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
平均日增重 ADG/g	48.80±3.39	47.20±0.80	47.50±1.80	49.60±3.00
平均日采食量 ADFI/g	39.10±0.84	39.30±0.60	39.10±1.41	40.30±0.90
料重比 F/G	1.21±0.12	1.20±0.02	1.22±0.04	1.21±0.05

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as blow.

2.2 母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质的影响

由表 3 可知，与对照组比较，各试验组 32 周龄末母鸡种蛋的平均蛋重、蛋形指数、蛋壳强度、蛋壳比例、蛋白高度、蛋黄颜色、哈氏单位、蛋黄比例和蛋壳厚度均无显著差异

（*P*>0.05）。

表 3　母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质的影响

Table 3　Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on hatching egg quality

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
平均蛋重 Average egg weight/g	63.80±2.60	63.70±3.30	64.70±3.60	64.10±3.90
蛋形指数 Egg shape index	1.26±0.04	1.28±0.05	1.26±0.06	1.27±0.04
蛋壳强度 Eggshell strength/（kg/cm²）	12.16±3.02	12.17±2.61	12.43±2.40	12.21±2.19
蛋壳比例 Eggshell percentage/%	11.83±1.35	11.95±1.12	11.53±1.31	11.86±0.78
蛋白高度 Albumen height/mm	7.28±1.13	7.29±0.80	7.41±1.11	7.25±1.30
蛋黄颜色 Yolk color	9.85±0.93	9.64±0.70	9.70±0.64	9.46±0.76
哈氏单位 Haugh unit	83.31±6.25	83.45±5.85	84.30±7.13	83.45±7.93
蛋黄比例 Yolk percentage/%	30.32±1.44	30.13±1.63	30.33±1.98	29.68±1.31
蛋壳厚度	0.44±0.05	0.44±0.03	0.45±0.03	0.45±0.03

Eggshell thickness/mm				

2.3 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清蛋白质代谢及酶活性相关指标的影响

由表 4 可知，与对照组相比，各试验组 21 日龄子代肉鸡的血清 TP、ALB 含量和 AST、ALP 活性均无显著差异（*P*>0.05）。

表 4　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清蛋白质代谢及酶活性相关指标的影响

Table 4　Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on serum protein metabolism and enzyme activity related indexes of offspring broilers

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
总蛋白 TP/(g/L)	25.53±5.40	23.87±3.51	24.21±3.98	24.52±4.26
白蛋白 ALB/(g/L)	13.56±1.64	14.25±2.00	12.99±1.73	14.33±1.78
谷草转氨酶 AST/（U/L）	19.04±1.06	22.38±1.68	16.35±1.12	18.60±0.64
碱性磷酸酶 ALP/（U/L）	76.05±8.79	85.64±12.03	79.14±10.70	84.71±7.53

2.4 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清脂质代谢的影响

由表 5 可知，与对照组相比，Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清 HLD-C 含量显著升高（*P*<0.05），其他各组间无显著差异（*P*>0.05）；各试验组的血清 T-CHO、TG 和 LDL-C 含量与对照组相比无显著差异（*P*>0.05）。

表 5　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清脂质代谢的影响

Table 5　Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on serum lipid metabolism of offspring broilers　　mmol/L

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
总胆固醇 T-CHO	4.50±0.28	3.47±0.13	3.81±0.17	3.92±0.23

甘油三酯 TG	1.05±0.07	0.63±0.07	0.73±0.09	0.86±0.09
高密度脂蛋白胆固醇 HLD-C	1.71±0.28[b]	1.60±0.29[b]	1.49±0.31[b]	2.02±0.45[a]
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	1.90±0.29	0.97±0.76	1.05±0.62	1.18±0.63

2.5 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清激素含量的影响

由表 6 可知，与对照组相比，Ⅱ组和Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清 T_3 含量显著升高（P<0.05），Ⅱ组的血清 T_4 和 IGF-1 含量显著升高（P<0.05），其他各组间无显著差异（P>0.05）；各试验组的血清 GH 含量与对照组相比无显著差异（P>0.05）。

表 6 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清激素含量的影响

Table 6 Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on serum hormone contents of offspring broilers

项目 Items	对照组 Control group	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ
三碘甲状腺原氨酸 T_3/(ng/mL)	0.50±0.01[b]	0.48±0.02[b]	0.62±0.03[a]	0.57±0.02[a]
甲状腺素 T_4/(ng/mL)	7.76±0.26[bc]	7.04±0.38[c]	9.20±0.37[a]	8.61±0.37[ab]
生长激素 GH/(ng/mL)	3.35±0.18	3.39±0.22	3.45±0.75	2.38±0.35
胰岛素样生长因子-1 IGF-1/(mg/mL)	81.98 ±1.46[bc]	73.73±2.70[c]	92.92±4.61[a]	88.45 ±3.28[ab]

2.6 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清免疫指标的影响

由表 7 可知，与对照组相比，Ⅲ组 21 日龄子代肉鸡的血清 IgM、IL-2 和 IL-6 含量有上升趋势，但差异不显著（P>0.05）。

表 7 母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清免疫指标的影响

Table 7 Effects of dietary inosine monophosphate acid of hens on serum immune indexes of

offspring broilers　　g/L

项目 Items	对照组 Control group	I 组 Group Ⅰ	II 组 Group Ⅱ	III组 Group Ⅲ
免疫球蛋白 A IgA	1.23±0.07	1.26±0.22	1.43±0.07	1.33±0.08
免疫球蛋白 G IgG	3.49±0.08	3.01±0.33	3.33±0.14	3.60±0.12
免疫球蛋白 M IgM	1.43±0.07[ab]	1.36±0.20[b]	1.37±0.17[ab]	1.61±0.06[a]
白细胞介素 2 IL-2	4.58±0.11[ab]	3.93±0.04[c]	4.41±0.17[bc]	4.86±0.13[a]
白细胞介素 6 IL-6	55.44±1.94[ab]	49.62±2.80[b]	47.97±4.66[b]	60.99±2.03[a]
白细胞介素 12 IL-12	62.49±2.97	61.05±10.47	62.88±2.14	65.36±3.85

3　讨　论

3.1　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡生长性能的影响

肌苷酸作为一种饲粮核苷酸与动物的生长、免疫及肠道健康密切相关，是核苷酸从头合成过程中的主要产物，而在快速生长和应激情况下补充外源核苷酸可能是有益的[9]，一经生成即作为前体物合成其他的功能性核苷酸[10]。外源肌苷酸可以缓解核苷酸从头合成的压力，通过刺激味觉受体增加采食量[11-12]。肌苷酸应用于肉鸡饲粮中的研究报道较少，本试验团队前期研究发现，在三黄鸡饲粮中添加外源肌苷酸可降低肉鸡生长前期的料重比[8]。而本试验研究发现，母鸡饲粮中添加 0.2%、0.5%和 1.0%肌苷酸对 1~21 日龄子代肉鸡的生长性能无显著影响，这可能是由于母鸡饲粮中肌苷酸的添加量未能引发母体效应的产生，因而对子代肉鸡的生长未起到调控作用，其作用机制还有待进一步研究。

3.2　母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质的影响

禽类生命初期，生长和发育完全依赖于蛋中的营养物质，而母体营养水平能够影响种蛋的营养含量，进而影响幼禽孵化时的生理状态[1]。在蛋壳形成过程中，碳酸钙晶体和蛋壳基质蛋白质相互作用，嵌合形成具有一定厚度和强度的蛋壳。蛋壳强度和蛋壳比例主要受遗传因素和钙、磷代谢的影响，蛋鸡体内的钙代谢调控水平对高质量蛋壳的形成十分重要[13]。蛋白高度、哈氏单位均是衡量鸡蛋新鲜程度的指标，哈氏单位越大表明蛋白黏稠度越好[14]。本试验结果显示，母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质无显著影响，可能是由于肌苷酸添加量未

能影响机体对钙、磷及蛋白质的吸收和利用，但综合分析子代肉鸡的生长性能及血液生化指标可知，母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡的生长发育具有促进作用，可能是因为肌苷酸在种蛋中有沉积作用，沉积量的测定有待进一步研究。

3.3　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清蛋白质代谢及酶活性相关指标的影响

TP 有运输营养物质、维持渗透压和酸碱平衡、参与体液免疫等重要功能，ALB 的含量是反映机体蛋白质合成能力及肝功能的重要指标[15-16]。本试验团队前期研究发现，外源肌苷酸可提高肉仔鸡的血清 TP 和球蛋白含量[8]；而本试验研究发现，母鸡饲粮中添加肌苷酸对子代肉鸡血清 TP 和 ALB 含量无显著影响。ALP 与家禽的骨骼代谢密切相关，而当肝细胞受到严重损伤从而引起线粒体膜损伤后，血清 AST 活性才会显著升高[17]。从本试验结果来看，子代肉鸡的血清 ALP 和 AST 活性虽有一定的变化，但均在正常范围内，且各组间无显著差异，说明母鸡饲粮中添加肌苷酸对子代肉鸡的肝功能无负面影响，蛋白质代谢正常。

3.4　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清脂质代谢和激素含量的影响

HDL-C 是血清蛋白质之一，富含磷脂质，能运载周围组织中的胆固醇，再转化为胆汁酸或直接通过胆汁从肠道排出，而 LDL-C 的功能是把胆固醇运输到全身各处细胞，运输到肝脏合成胆酸[18]。TG 是血液脂肪的组成成分，其含量的高低反映了脂类的吸收和代谢及利用情况，其值越低，表明对脂肪的利用率越高。本试验团队前期研究发现，肉鸡饲粮中添加肌苷酸能够提高血清 HDL-C 含量，降低 TG 的含量[7-8]。而本试验同样发现，与对照组相比，母鸡饲粮中添加 1.0%肌苷酸可提高 21 日龄子代肉鸡的血清 HDL-C 含量，但对 TG 和 T-CHO 含量无显著影响，表明母鸡饲粮添加 1.0%肌苷酸增强了机体对脂类物质的吸收和利用。T_4 和 T_3 的主要作用是调节机体的物质和能量代谢[19]，T_3 促进物质的能量代谢，而 T_4 促使甲状腺合成并分泌 T_3[20]。本试验结果显示，母鸡饲粮中添加 0.5%和 1.0%肌苷酸对子代肉鸡血清 T_3 和 T_4 含量有提高作用。由此推测，母源肌苷酸对子代肉鸡机体的能量代谢可能有促进作用。GH 可促进机体代谢和蛋白质合成，影响动物的生长性能[21]，IGF-1 的分泌与机体的生长密切相关。本试验结果显示，母鸡饲粮中添加 0.5%肌苷酸可显著提高子代肉鸡血清 IGF-1 含量，但对血清 GH 含量无显著影响，说明添加肌苷酸对机体的生长具有一定的促进作用，但与本试验的生长性能结果不一致，可能是由于激素含量的升高水平还未能对 1~21 日龄子代肉鸡的生长产生效应，是否对生长后期的生长性能产生影响还有待进一步研究。

3.5　母鸡饲粮添加肌苷酸对子代肉鸡血清免疫指标的影响

外源核苷酸能够促进体内淋巴细胞的成熟、活化和增殖，在应激条件下缓解由皮质醇引起的淋巴细胞数减少、细胞吞噬能力降低等免疫抑制作用[22-23]。IgM 是机体体液免疫过程中最先分泌的抗体，不仅能与外来的抗原相互作用，还能与自身的抗原反应，如核酸、热体克蛋白、碳水化合物和磷脂[24-25]，因而 IgM 被认为在自体免疫反应中发挥着重要的作用。本试验结果显示，母鸡饲粮中添加 1.0%肌苷酸对子代肉鸡血清 IgM 含量有提高趋势，但对 IgA、IgG 含量无显著影响。白细胞介素作为免疫系统中的重要信息分子，在免疫调节中扮演着十分关键的角色。IL-2 是活化 T 淋巴细胞产生的一种多肽类免疫调节因子，可促进 T、B 淋巴细胞的增殖分化和特异性抗体的产生，并最终促进 IgA 介导的有效免疫应答及分泌型免疫球蛋白 A（SIgA）的有效增加[26]；IL-6 作为炎性因子，主要通过促进炎症应答反应而提高机体抗感染作用[27]。本试验结果显示，母鸡饲粮中添加 1.0%肌苷酸对子代肉鸡血清 IL-2 和 IL-6 含量有提高趋势。由此推测，可能是由于母源肌苷酸对子代肉鸡机体的淋巴细胞具有促进作用，进而提高了血清中相关免疫指标。

4　结　论

① 母鸡饲粮添加肌苷酸对种蛋品质和 1~21 日龄子代肉鸡的生长性能均无显著影响。

② 母鸡饲粮添加 1.0%肌苷酸可显著提高 21 日龄子代肉鸡血清 HLD-C 含量。

③ 母鸡饲粮添加 0.5%肌苷酸可显著提高 21 日龄子代肉鸡血清 T_3、T_4 和 IGF-1 含量，添加 1.0%肌苷酸可提高 21 日龄子代肉鸡血清 IgM、IL-2 和 IL-6 含量。

④ 综合以上指标，母鸡饲粮添加 0.5%~1.0%肌苷酸效果最佳。

参考文献：

[1]　KENNY M,KEMP C.Breeder nutrition and chick quality[J].International Hatchery Practice,2005,19(4):7–11.

[2]　REHFELDT C,NISSEN P M,KUHN G,et al.Effects of maternal nutrition and porcine growth hormone (pGH) treatment during gestation on endocrine and metabolic factors in sows,fetuses and pigs,skeletal muscle development,and postnatal growth[J].Domestic Animal Endocrinology,2004,27(3):267–285.

[3]　MASIC U,YEOMANS M R.Umami flavor enhances appetite but also increases sa-

tiety[J].The American Journal of Clinical Nutrition,2014,100(2):532–538.

[4] NARUKAWA M,MORITA K,HAYASHI Y.*L*-theanine elicits an umami taste with inosine 5′-monophosphate[J].Bioscience,Biotechnology,and Biochemistry,2008,72(11):3015–3017.

[5] ZHANG G Q,MA Q G,JI C.Effects of dietary inosinic acid on carcass characteristics,meat quality,and deposition of inosinic acid in broilers[J].Poultry Science,2008,87(7):1364–1369.

[6] WANG X F,LIU G H,CAI H Y,et al.Attempts to increase inosinic acid in broiler meat by using feed additives[J].Poultry Science,2014,93(11):2802–2808.

[7] 闫俊书,周维仁,张惠,等.饲粮肌苷酸对雪山草鸡胴体品质、肉质性状及血清中生化指标的影响[J].江苏农业学报,2012,28(6):1378–1385.

[8] 闫俊书,宦海琳,周维仁,等.外源肌苷酸对肉鸡生长性能、肉品质及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(1):125–134.

[9] FRANKIČ T,PAJK T,REZAR V,et al.The role of dietary nucleotides in reduction of DNA damage induced by T-2 toxin and deoxynivalenol in chicken leukocytes[J].Food and Chemical Toxicology,2006,44(11):1838–1844.

[10] STEIN H H,KIL D Y.Reduced use of antibiotic growth promoters in diets fed to weanling pigs:dietary tools,part 1[J].Animal Biotechnology,2006,17(2):217–231.

[11] SAUER N,EKLUND M,BAUER E,et al.The effects of pure nucleotides on performance,humoral immunity,gut structure and numbers of intestinal bacteria of newly weaned pigs[J].Journal of Animal Science,2012,90(9):3126–3134.

[12] WEAVER A C,KIM S W.Supplemental nucleotides high in inosine 5′-monophosphate to improve the growth and health of nursery pigs[J].Journal of Animal Science,2014,92(2):645–651.

[13] 姜明君.笼养蛋鸡钙代谢对蛋壳质量的影响及其机制研究[D].博士学位论文.泰安:山东农业大学,2015.

[14] 黄璇,李闯,何平,等.临武鸭产蛋高峰期蛋氨酸需要量的研究[J].动物营养学报,2015,27(4):1110–1116.

[15] DONSBOUGH A L.The use of serum uric acid as an indicator of amino acid utilization in

diets for broilers[D].Master Thesis.Baton Rouge:Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College,2008:53.

[16] 胡新旭,周映华,刘惠知,等.无抗发酵饲料对断奶仔猪生长性能、肠道菌群、血液生化指标和免疫性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(12):2989–2997.

[17] 李忠荣,陈婉如,叶鼎承,等.低蛋白质补充氨基酸饲粮对北京鸭生长性能、血清生化指标及粪氮含量的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):319–325.

[18] 占今舜,夏晨,赵国琦,等.黑麦草颗粒饲粮对扬州鹅器官发育和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(6):1668–1673.

[19] ZHAN X A,WANG M,REN H,et al.Effect of early feed restriction on metabolic programming and compensatory growth in broiler chickens[J].Poultry Science,2007,86(4):654–660.

[20] 汤海鸥,高秀华,李学军,等.葡萄糖氧化酶对仔猪生长性能、粪便菌群和血清指标的影响[J].动物营养学报,2014,26(12):3781–3786.

[21] JIANG S Z,YANG Z B,YANG W R,et al.Effect of purified zearalenone with or without modified montmorillonite on nutrient availability,genital organs and serum hormones in post-weaning piglets[J].Livestock Science,2012,144(1/2):110–118.

[22] RIERA J,PONS V,MARTINEZ-PUIG D,et al.Dietary nucleotide improves markers of immune response to strenuous exercise under a cold environment[J].Journal of the International Society of Sports Nutrition,2013,10:20.

[23] TAHMASEBI-KOHYANI A,KEYVANSHOKOOH S,NEMATOLLAHI A,et al.Effects of dietary nucleotides supplementation on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) performance and acute stress response[J].Fish Physiology and Biochemistry,2012,38(2):431–440.

[24] WINER D A,WINER S,SHEN L,et al.B cells promote insulin resistance through modulation of T cells and production of pathogenic IgG antibodies[J].Nature Medicine,2011,17(5):610–617.

[25] DUFFAUT C,GALITZKY J,LAFONTAN M,et al.Unexpected trafficking of immune cells within the adipose tissue during the onset of obesity[J].Biochemical and Biophysical Research Communications,2009,384(4):482–485.

[26] 叶亚玲,王自蕊,游金明,等.丙氨酰-谷氨酰胺对断奶仔猪小肠黏膜固有层免疫球蛋白 A 浆细胞数量、分泌型免疫球蛋白 A 及黏膜中白细胞介素含量的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):59–66.

[27] STEPTOE A,HAMER M,CHIDA Y.The effects of acute psychological stress on circulating inflammatory factors in humans:a review and meta-analysis[J].Brain,Behavior,and Immunity,2007,21(7):901–912.

Effects of Dietary Inosine Monophosphate Acid of Hens on Hatching Egg Quality, Growth Performance and Serum Biochemical Indexes of Offspring Broilers Aged from 1 to 21 Days

LIU Peifeng[1,2] YAN Junshu[1*] HUAN Hailin[1] ZHOU Weiren[1] XU Liangmei[2] XU Xiaoming[1] SHI Zhendan[1]

(1. *Laboratory of Animal Improvement and Reproduction, Institute of Animal Science, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing* 210014, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary different inosine monophosphate acid (IMP) levels of hens on hatching egg quality, growth performance and serum biochemical indexes of offspring broilers aged from 1 to 21 days. Four hundred and eighty 20-week-old healthy Arbor Acres (AA) broilers were randomly allocated into control group (the basal diet), group Ⅰ (the basal diet supplemented with 0.2% IMP), group Ⅱ (the basal diet supplemented with 0.5% IMP) and group Ⅲ (the basal diet supplemented with 0.1% IMP). Four hundred and eighty offspring broilers after hatched were randomly selected and allocated into control group, group Ⅰ, group Ⅱ and group Ⅲ according to the dietary IMP supplementation of hens, and with 6 replicates per group and 20 broilers per replicate. The experiment lasted for 21 days. The results showed that: compared with control group, hatching egg quality indexes of hens aged at the end of 32 weeks, growth performance indexes and serum protein metabolism and enzyme activity related indexes of offspring broilers aged at 1 to 21 days in all experimental group

*Corresponding author, associate professor, E-mail: junshu_2000@163.com （责任编辑 李慧英）

had no significant differences (P>0.05). Compared with control group, the content of high density lipoprotein cholesterol (HLD-C) in serum of offspring broilers aged at 21 days in group Ⅲ was significantly increased (P<0.05), and the contents of total cholesterol (T-CHO), triglyceride (TG) and low density lipoprotein cholesterol (HLD-C) in serum in all experimental groups had no significant differences (P>0.05). Compared with control group, the content of triiodothyronine (T_3) in serum of offspring broilers aged at 21 days in groups Ⅱ and Ⅲ was significantly increased (P<0.05), the contents of thyroxine (T_4) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in serum in group Ⅱ were significantly increased (P<0.05), and the content of growth hormone (GH) in all experimental groups had no significant difference (P>0.05). Compared with control group, the contents of immunoglobulin M (IgM), interleukin 2 (IL-2) and interleukin 6 (IL-6) in serum of offspring broilers aged at 21 days in group Ⅲ had an increasing tendency (P>0.05). The above results suggest that dietary IMP of hens enhance the lipid metabolism of offspring broilers, increase the hormone levels and the immune factor contents in serum which related to the growth and immune of offspring broilers. Combining the hatching egg quality, growth performance and serum biochemical indexes, dietary 0.5% to 1.0% IMP of hens has the best effects.

Key words: inosine monophosphate acid; maternal effect; growth performance; hatching egg quality; serum biochemical indexes